

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.


Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

MANUFACTURE OF ITO TRANSPARENT CONDUCTIVE FILM

Patent Number: JP9217171
Publication date: 1997-08-19
Inventor(s): ISHIBASHI KEIJI; WATABE KAZUFUMI
Applicant(s): ANELVA CORP
Requested Patent:  JP9217171
Application Number: JP19960052255 19960215
Priority Number(s):
IPC Classification: C23C14/40; C23C14/08; C23C14/34; C23C14/35; H01B13/00
EC Classification:
Equivalents: KR200009, TW438997

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the occurrence of an abnormal discharge, such as tracking arc, and execute stable film formation in the manufacture of an ITO transparent conductive film by a high-frequency magnetron sputtering method.

SOLUTION: The high-frequency magnetron sputtering method comprises forming the ITO transparent conductive film consisting of In, Sn and O on a substrate by using the oxide of In and Sn as a object, providing the rear surface of the object with a magnet, supplying high-frequency electric power to the object in an atmosphere introduced with only the rare gas or the rare gas and oxygen, converging plasma near to the objective surface and utilizing a sputtering phenomenon. The supply of the high-frequency electric power is periodically stopped to alternately form the supply period and the supply stop period. The time of the supply period is shorter than the time required for the occurrence of the abnormal discharge. Namely, the high-frequency electric power is intermittently supplied.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J.P.)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-217171

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

| (51) IntCl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-----------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| C 2 3 C 14/40 | | | C 2 3 C 14/40 | |
| 14/08 | | | 14/08 | D |
| 14/34 | | | 14/34 | M |
| 14/35 | | | 14/35 | Z |
| H 0 1 B 13/00 | 5 0 3 | | H 0 1 B 13/00 | 5 0 3 B |
| 審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 8 頁) | | | | |

(21) 出願番号 特願平8-52255

(22) 出願日 平成8年(1996)2月15日

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 石橋 啓次

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
バ株式会社内

(72) 発明者 渡部 一史

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
バ株式会社内

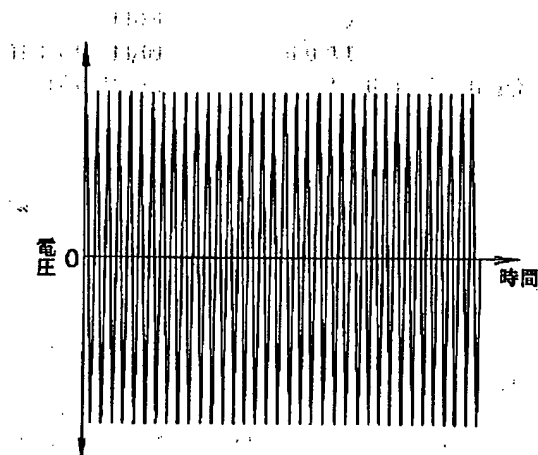
(74) 代理人 弁理士 田宮 寛社

(54) 【発明の名称】 ITO透明導電膜の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 高周波マグネトロンスパッタリング法によるITO透明導電膜の作製で、トラッキングアーク等の異常放電の発生を防止し安定な成膜を行う。

【解決手段】 InおよびSnの酸化物をターゲットとして使い、ターゲット背面にマグネットを設け、希ガスのみあるいは希ガスと酸素を導入した雰囲気中で、ターゲットに高周波電力を供給し、ターゲット表面近傍にプラズマを収束させ、スパッタリング現象を利用して基板上にIn、Sn、OからなるITO透明導電膜を形成する高周波マグネトロンスパッタリング法で、上記高周波電力の供給を周期的に停止して、供給期間と供給停止期間を交互に作り、かつ供給期間の時間を異常放電発生に要する時間よりも短かくした。すなわち高周波電力は間欠的に供給される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インジウムと錫の酸化物をターゲットとして用い、前記ターゲットの背面にマグネットを設置し、スパッタリングガスとして、希ガスのみあるいは希ガスと酸素を導入した雰囲気中で前記ターゲットに高周波電力を供給し、前記ターゲットの表面近傍にプラズマを収束させ、スパッタリング現象を利用して基板上にITO透明導電膜を形成した高周波マグネトロンスパッタリング法を用いたITO透明導電膜の作製方法において、

前記高周波電力の供給を周期的に停止し、前記高周波電力の供給時間を異常放電発生に要する時間よりも短くしたことを特徴とするITO透明導電膜の作製方法。

【請求項2】 前記高周波電力の供給停止時間をプラズマの寿命よりも短くしたことを特徴とする請求項1記載のITO透明導電膜の作製方法。

【請求項3】 前記スパッタリングガスにヘリウムガスを添加したことを特徴とする請求項2に記載のITO透明導電膜の作製方法。

【請求項4】 インジウムと錫の酸化物をターゲットとして用い、前記ターゲットの背面にマグネットを設置し、スパッタリングガスとして、希ガスのみあるいは希ガスと酸素を導入した雰囲気中で前記ターゲットに高周波電力を供給し、前記ターゲットの表面近傍にプラズマを収束させ、スパッタリング現象を利用して基板上にITO透明導電膜を形成した高周波マグネトロンスパッタリング法を用いたITO透明導電膜の作製方法において、
前記高周波電力を周期的に低下させることを特徴とするITO透明導電膜の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はITO透明導電膜の作製方法に関し、特に、高周波マグネトロンスパッタリング法を利用してITO透明導電膜を作製する工程で高周波電力供給法を改善し、トラッキングアーク等の異常放電の発生を防止する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 高周波マグネトロンスパッタリング法は、ターゲット表面近傍にプラズマを収束させ成膜速度を向上させるべくターゲットの背面に磁石を配置し、かつ当該ターゲットに高周波電力を供給するように構成されたスパッタリング法である。またスパッタリング法は良く知られた薄膜形成方法であり、真空室において、アルゴン等の希ガスあるいは希ガスに反応性ガス（例えば酸素や窒素）を混合したガスを導入しかつターゲットに電力を供給してプラズマを発生させ、スパッタリング現象を利用してターゲット構成元素を基本構成元素とする薄膜を基板上に形成する。

【0003】 スパッタリング法によってインジウム（I

n）と錫（Sn）と酸素（O）からなるITO透明導電膜を作製するときには、InおよびSnの酸化物からなるターゲットが用いられ、このターゲットは導電性であるので、現在のところ、コストが低い、および制御性が良いという理由で直流マグネトロンスパッタリング法が用いられている。しかし、ITO透明導電膜の主要用途である液晶表示装置用の透明電極では、液晶表示装置の性能向上に伴い、直流マグネトロンスパッタリング法により得られる膜よりもさらに低い比抵抗を持つ膜が要求される。

【0004】 そこで本発明者等は、InとSnの酸化物をターゲットとして用いるITO透明導電膜の作製で、直流マグネトロンスパッタリング法よりも上記高周波マグネトロンスパッタリング法を用いた方が、低比抵抗、高透過率の良好な膜が形成できることを見出した（例えば、第41回応用物理学関連連合講演会予稿集、370ページ、講演番号28p-ME-14、(1994)）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 高周波マグネトロンスパッタリング法では、ターゲット上およびその他の真空室内の部材の表面での異常放電（アーク）の発生が問題となる。特に、InおよびSnの酸化物をターゲットとして使用し、高周波マグネトロンスパッタリング法でITO透明導電膜を形成する場合、ターゲット上でターゲット面に垂直な磁場成分がゼロとなる部分（ターゲットが最も食刻される部分）でアークが回転するという独特の異常放電が発生する。この異常放電はトラッキングアークと呼ばれている。

【0006】 異常放電が発生すると、放電のインピーダンスが変化し、電力が効率良くターゲットに供給されず、成膜速度が低下したり、全く成膜されなくなる不具合が生じる。場合によっては、異常放電の発生により特性の全く異なった膜が形成されることもある。特に、トラッキングアークが発生すると、ターゲットの電位が正になり、ターゲットがスパッタリングされず、他の部材がスパッタリングされる。このため、反対にターゲット上に膜が形成され、また基板上に膜が形成されたとしても、高比抵抗で不透明な膜が形成されるという不具合が起きる。

【0007】 さらに、異常放電が基板上で発生した場合には、その部分が欠陥となり、直接製品不良の原因となる。

【0008】 また異常放電の発生は、パーティクル発生の原因にもなり、発生したパーティクルが基板上に付着すると欠陥となり、製品の不良となる。

【0009】 上記トラッキングアークは、ターゲット表面での磁場強度を弱めること、スパッタリング圧力を高くすること、および供給電力を低くすることにより発生しにくくなる。また、スパッタリング圧力を高くしたり、供給電力を低くすることで、トラッキングアーク以

3

外の他のアークも発生しにくくなる。しかし、これらの方法では、完全に異常放電の発生を抑制することはできない。さらにこれらの方法では、成膜速度が低下してしまい、生産性の面で問題を提起する。

【0010】なお高周波マグネトロンスパッタリング法での異常放電の抑制に関する技術については例えば特開平7-25845公報に開示される技術がある。この公報に示されるスパッタ方法は、電力供給用電源の構成が複雑で、制御が難しいという不具合があり、またトラッキングアークについての記述がなく、トラッキングアークを抑制するという課題を解決していない。

【0011】本発明の目的は、InおよびSnの酸化物をターゲットとして用いた高周波マグネトロンスパッタリング法によるITO透明導電膜の作製において、トラッキングアーク等の異常放電の発生を防止し、安定な成膜を行えるITO透明導電膜の作製方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段および作用】まず最初に、上記目的に達成する解決手段としての本発明の構成に到った知見を述べる。

【0013】トラッキングアークの発生の原因と機構は、現在のところ解明されていない。トラッキングアーク以外の異常放電の発生原因は、パーティクルおよびターゲット上の再付着膜やノジュール（突起物）の他、浮遊電位の部材や基板に付着した導電性あるいは絶縁性の膜、および接地電位の部材や基板上に形成された高抵抗或は絶縁性の膜が原因であると考えられている。いずれにしても、それらがカソードや接地された部材と電気的に導通していない場合、チャージアップしてしまいカソード電位（セルフバイアス）あるいは接地電位との電位差を生じ、その電位差によって異常放電が発生すると予想される。

【0014】本発明者等は、InおよびSnの酸化物をターゲットとして用いた高周波マグネトロンスパッタリング法によるITO透明導電膜の作製における異常放電、特にトラッキングアークの問題を解決すべく鋭意研究した。その結果、トラッキングアーク発生の原因と機構について、次のような2つの考えに到った。

【0015】第1の考えは、ターゲット上に付着したパーティクルや再付着した膜が原因であるという考えである。パーティクルや膜は、絶縁物または高抵抗であり、また導電性のものでも、付着力が弱い場合、ターゲットとの間に高い接触抵抗を持つ場合がある。このような場合、これらはチャージアップし、カソード電位（セルフバイアス）との電位差を生じ、この電位差によってアークが発生する。アークが発生すると、ターゲットに付着していたチャージアップしたものが動けるようになる。動けるようになったチャージアップしたものは、その持つチャージによって、ターゲット背面に配置したマグ

4

ネットの磁場にトラップされ、ターゲットが最も食刻される部分をドリフトする。このドリフトに伴って、アークもドリフトする。

【0016】第2の考えは、放電空間を浮遊するパーティクルやスパッタ粒子が、放電時間と共にプラズマ中のカソードシースとの界面に集まり、クラスタを形成しかつ負にチャージする（このことに関しては、S.J. Choi等が報告している。例えば、AMERICAN VACUUM SOCIETY, 38th National Symposium, Final Program, p77, 講演番号PS-MoM6, (1991)）ことが原因であるという考えである。このクラスタはチャージしているため、ターゲット背面に配置したマグネットの磁場にトラップされ、ターゲットが最も食刻される部分に集中し、この部分をドリフトする。そして、クラスタはドリフトしながら成長し、さらにチャージングするので、或るところでカソードとの電位差によりアークが発生する。チャージしたクラスタがドリフトしているので、このアークもドリフトする。

【0017】トラッキングアークの発生までには、トラッキングアーク以外の他の異常放電と同様に、チャージングのための時間が必要である。このことは、研究の際トラッキングアークが高周波電力の供給開始（すなわち放電開始）と同時に発生しなかったことから明らかである。

【0018】そこで、本発明では、トラッキングアーク等の異常放電が発生する前の段階で、チャージングを緩和する時間を設け、これによって問題を解決しようとするものである。

【0019】チャージングを緩和するには望ましくは放電を停止すればよい。またチャージングを緩和するにあたって、必ずしも完全に放電を停止してしまう必要はない。本発明者等は研究の中で、トラッキングアークが発生している場合でも、高周波電力をある程度低下させると、持続していたトラッキングアークを停止できることを見出した。さらに、高周波電力をある程度低下させて持続していたトラッキングアークを停止させた後、再び元の高周波電力に増加しても、すぐにはトラッキングアークは発生せず、しばらく安定に放電できることも見出した。これらは、放電を完全に停止しなくても、ある程度プラズマ密度を低下させれば、持続していたトラッキングアークを停止することができ、しかもチャージングを緩和できるということを意味するものである。つまり、トラッキングアークが発生してしまう前に、ある程度プラズマ密度を低下すれば、トラッキングアークが発生するほどチャージングしていてもそのチャージングを緩和でき、トラッキングアークの発生を抑制できるのである。

【0020】上記知見に基づき本発明は、次のように構成される。

【0021】第1の本発明（請求項1に対応）に係るI

ITO透明導電膜の作製方法は、インジウムInおよび錫Snの酸化物をターゲットとして用い、このターゲットの背面にマグネットを設置し、希ガスのみあるいは希ガスと酸素(O₂)を導入した雰囲気中で、ターゲットに高周波電力を供給し、ターゲットの表面近傍にプラズマを収束させ、スパッタリング現象を利用して基板上にIn、Sn、OからなるITO透明導電膜を形成する方法であり、上記高周波電力の供給を周期的に停止して、高周波電力の供給期間と供給停止期間を交互に作り、かつ高周波電力の供給期間の時間を異常放電発生に要する時間よりも短くするようにした。すなわち、高周波電力は間欠的にターゲットに供給される。

【0022】上記第1の本発明では、ターゲットに対して高周波電力を供給する期間と、高周波電力の供給を停止してチャージングを緩和する期間を繰り返し、かつこのとき、高周波電力の供給時間を異常放電発生までの時間よりも短くして、異常放電の発生を防止する。

【0023】ここで、スパッタリングによる薄膜形成は、一般的に数mTorr(10⁻¹Pa台)の成膜圧力で行われる。放電開始圧力が当該成膜圧力よりも低い場合には、上記の間欠的な高周波電力の供給において、高周波電力の供給停止時間が長く、放電が完全に止まっても、次の供給時に放電が可能である。しかし、装置によっては、例えばカソード(ターゲット)のサイズが小さい場合では、放電開始圧力が成膜圧力よりも高くなってしまふ場合がある。このような場合、高周波電力の供給停止時間が長く、放電が完全に止まってしまうと、次に高周波電力が供給されても、成膜圧力では放電が開始できなくなる。従って、このような放電開始圧力が成膜圧力よりも高い場合には、高周波電力の供給停止時に、放電が完全に止まらないようにすることが望ましい。

【0024】第2の本発明(請求項2に対応)に係るITO透明導電膜の作製方法は、第1の発明において、好ましくは、高周波電力の供給停止時間をプラズマの寿命よりも短くするようにした。

【0025】プラズマには寿命があり、高周波電力の供給を停止した瞬間に消えることはない。この寿命はプラズマ中のガス種および圧力等によって異なるが、スパッタリング成膜に一般的に使用されるアルゴン(Ar)の場合、前に述べた成膜圧力程度では1msec前後である。第2の本発明では、高周波電力の供給停止時間をこのようなプラズマの寿命よりも短くするので、放電開始圧力が成膜圧力よりも高い場合でも、成膜圧力にて放電が維持できる。また本発明者等の研究の中で、高周波電力の供給停止時間が1msecよりも短い場合でも、チャージングが緩和されるのには十分な時間であることがわかった。従って高周波電力の供給時間を異常放電発生までの時間よりも短くすれば、異常放電の発生を防止できる。

【0026】第3の本発明(請求項3に対応)に係るITO

ITO透明導電膜の作製方法は、第1または第2の発明において、好ましくはスパッタリングガスにヘリウムガスを添加するようにした。

【0027】高周波電源によっては真空管を使用するものがある。特に、高い成膜速度を得ようとする場合、大きな高周波電力が必要となるが、5kWを越えるような大きな電力を出力できる電源は、現在のところ真空管が使用される。このような真空管を使用する高周波電源では、高周波電力の供給停止時間をプラズマの寿命よりも短くすることが難しい。第3の本発明では、この問題に対処できる。Heの準安定励起原子He*は高い励起エネルギーを持ち、ペニング電離によってプラズマ中の多くの粒子をイオン化することが知られている。また準安定励起原子He*は寿命が長く、大気圧でグロー放電を起こすことが知られている。従って、スパッタリングガスにHeガスを添加すると、プラズマの寿命が長くなるので、真空管を使用した電源においても、第2の発明の特徴が実現できる。

【0028】第4の本発明(請求項4に対応)に係るITO透明導電膜の作製方法は、第1の発明と同様な前提の下で、ターゲットに供給する高周波電力を周期的に低下させるようにした。

【0029】第4の本発明では、第1の発明のごとく高周波電力の供給を完全に停止する期間を設けるのではなく、低下させるだけであり、従って放電が止まることはなく、放電開始圧力が成膜圧力よりも高い場合でも、成膜圧力にて放電が維持できる。先に述べた本発明に到る研究の結果から明らかなように、高周波電力を低下させることでプラズマ密度の低下を図り、これによりチャージングを緩和できるので、本方法によっても異常放電の発生を防止できる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好適な実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0031】まず第1実施形態を説明する。この実施形態は、InおよびSnの酸化物の混合体をターゲットとして使用してITO透明導電膜を成膜する例を示す。

【0032】図1は、高周波マグネトロンスパッタリング装置におけるカソード(すなわちターゲット)への高周波電力供給系のみの構成を示す。図1中、真空処理チャンバ用の真空容器、処理対象である基板、基板搬送機構、ターゲット背面に配置されるマグネット、真空排気装置、ガス導入機構等の図示は、便宜上省略している。ターゲット11は裏板12上に配置される。このターゲット11に対し、高周波電源14からインピーダンス整合器13を通して高周波電力が供給される。高周波マグネトロンスパッタリング法では一般に13.56MHzの高周波が用いられる。高周波電源14は13.56MHzの高周波電力を出力する。

【0033】使用された高周波マグネトロンスパッタリ

ング装置の構成および成膜条件は、従来装置の場合と同じである。すなわち本装置では、例えば直径8インチの円盤状ターゲット11を使用し、当該ターゲット11には In_2O_3 に対し SnO_2 を10wt%添加した焼結体ターゲット（例えば密度95%）を使用している。ターゲット11における上記マグネットの影響について、ターゲット面（図1中、ターゲット11の上面）に垂直な磁場成分がゼロとなる位置で、ターゲット面に平行な磁場強度は例えば約300 Gaussである。基板はターゲット面に対向するように配置され、それらの間の間隔は膜10厚分布が最も均一となる例えば60mmに設定される。以上の装置構成において放電開始圧力は20 mTorrである。従って、先ずこの圧力まで真空処理チャンバにスパッタリングガスとしてアルゴンガス（Arガス）を導入して維持し、高周波電源14から、波形が制御された所望の電圧波形を持つ高周波電力をターゲット11に供給して放電を発生させる。

【0034】ところで従来の装置では、図2に示す連続的な電圧波形を持つ高周波電力をターゲットに供給して放電を発生していた。このような連続的な電圧波形の高周波電力を使用する従来装置の場合では、高周波電力を600Wとしたとき、短い場合には3分程度、長くても5分程度で異常放電が発生した。他方、高周波電力を同じ600Wとして圧力20 mTorrで放電を開始した後に、Arガス導入流量を絞って圧力を10 mTorrに維持した場合には、短い場合には1分程度、長くても3分程度で異常放電が発生した。従来装置で発生した異常放電は、トラッキングアークあるいはターゲット以外の部材表面でのアークなど様々であった。

【0035】上記の従来の場合に対して、本実施形態に30よる高周波電源14からは、図示しない出力コントローラに基づいて、図3に示される電圧波形が出力される。図3で明らかなように、本実施形態では、例えば600Wの高周波電力の供給を周期的に所要時間だけ停止し、もってターゲット11に対して高周波電力を間欠的に供給するようにした。図3で、aは13.56MHzの高周波電力を供給する期間、bは高周波電力の供給停止期間である。供給期間aの時間は例えば5msec、停止期間bの時間は例えば1msecに設定される。なお図3では、期間aが交流波形の状態であることを視覚的にわかるよう40に示したものであり、波数と時間の直接的な関係はない。

【0036】高周波電源14からターゲット11への高周波電力の供給を上記条件に設定すると、放電開始圧力が20 mTorrであっても、Arガス導入流量を絞った10 mTorrであっても、長時間の間、異常放電は全く発生せず、安定に放電を発生させることができた。その結果、再現性良くITO透明導電膜の形成を行うことができた。

【0037】上記実施形態において、異常放電が発生せ50

ず長時間安定に放電できたのは、前述した従来装置の結果と比較すると、電力供給期間aの時間5msecが、異常放電の発生までの時間に対して十分に短く、また停止期間bの時間1msecが、電力供給期間aの時間内に生じるチャージングを緩和するのに充分であったからである。また本実施形態において、放電開始圧力よりも低い10 mTorrでも放電が維持できたのは、プラズマの寿命が、高周波電力の供給を停止する期間bの時間1msecよりも長かったからである。

【0038】上記実施形態では、高周波電力を供給する期間aの時間を5msecに設定したが、この供給時間は異常放電が発生するまでの時間よりも短ければよく、本実施形態の数値に限定されるものではない。高周波電力の供給時間は、比較のため行った従来装置の結果から考察すると、供給電力600Wでは、圧力20 mTorrの場合、最大3分程度、圧力10 mTorrの場合、最大1分程度の設定が可能である。ただし、供給電力が高くなると異常放電発生までの時間が短くなるので、供給電力が高い場合には供給期間aの時間を短くする必要がある。

【0039】また高周波電力の供給停止期間bの時間も、上記実施形態の1msecに限られない。この供給停止時間は、供給期間aの時間内に生じるチャージングが緩和されればよく、1msecより長くても短くても構わない。本実施形態において、放電維持できる最小の圧力は7mTorrであった。これは、圧力を低下させるとプラズマの寿命が短くなるためで、この圧力よりも低い圧力で成膜したい場合には、供給を停止する期間bの時間をプラズマの寿命よりも短く、すなわち1msecよりも短くすればよい。ただし短くし過ぎると、供給期間aの時間内に生じるチャージングを緩和できず、異常放電が発生してしまうので、供給停止期間bの時間は、成膜圧力が放電開始圧力よりも低い場合でも放電を維持できる、プラズマの寿命ぎりぎりに設定するのが望ましい。

【0040】ここで、高周波電力を高くしたり、高周波電力供給期間aの時間が長くなると、チャージングを緩和するために必要な供給停止期間bの時間も長くなる。従って、供給期間aの時間と供給停止期間bの時間を調整することが必要である。さらに、ターゲット表面での磁場強度が強くなったり、圧力が低い条件、あるいはターゲット表面のノジュールが増加した状況では、トラッキングアークが発生しやすく、発生までの時間が短くなる。またパーティクルが発生しやすい装置では、ターゲット以外の部材上でのアークも発生しやすくなる。このように、装置やターゲット表面の状況およびプロセス条件によっては、異常放電が発生しやすく、数秒で発生する場合がある。従って、高周波電力供給期間aの時間は、実質的には本実施形態のように、msec（ミリ秒）オーダー、長くても100msecオーダーに設定するのが望ましい。

【0041】次に、本発明の第2の実施形態を説明す

る。この実施形態では、第1実施形態におけるスパッタリングガスであるArガスに対してHeガスを5%添加するものである。上記第1実施形態では、高周波電力の供給を停止する期間bの時間を1msecに設定していたために、7 mTorr以下での放電維持ができなかった。しかし、本実施形態では、スパッタリングガスにHeガスを添加したことにより、プラズマの寿命が延び、停止期間bを1msecにしても圧力2 mTorrまで、異常放電の発生なく、安定に放電を維持できた。

【0042】ここで、スパッタリングガスへHeガスを10添加する場合、その添加量やスパッタリングガスの圧力を増加し、Heガスの分圧を増すことによって、プラズマの寿命を長くすることができる。従って、スパッタリングガスにHeガスを添加する方法は、真空管を使用した電源等で、高周波電力の供給を停止する期間bの時間を短く設定できない場合に有効である。

【0043】次に、本発明の第3の実施形態を説明する。この実施形態では、高周波電力の供給の仕方以外、第1実施形態で述べた条件と同じである。本実施形態では、ターゲットに供給する高周波電力を周期的に停止する代わりに、周期的に低下させるようにした。図4は、本実施形態による高周波電源14から出力される電圧波形を示す。図4中のcは通常の高周波電力供給期間、dは高周波電力が周期的に低下する期間である。期間cでの電力は例えば600W、時間は例えば5msec、期間dでの電力は例えば250W、時間は例えば2msecに設定される。ここで図4は、期間c、dが交流波形であることを視覚的にわかるように示したもので、各々の波数と時間との直接的な関係はない。本実施形態においても、長時間、異常放電は全く発生せず、安定に放電でき、再現性良くITO透明導電膜の形成を行えた。さらに、本実施形態における高周波電力の供給の仕方では、電力供給を完全に止めてしまわないので、放電が停止せず、圧力2mTorrまで異常放電がなく、安定に放電を維持できた。

【0044】本実施形態において異常放電がなく、長時間安定に放電できた理由は、1つには、第1実施形態で説明したことと同様に、高周波電力600Wの供給を行う期間cの時間5msecが、異常放電の発生までの時間に対して十分に短かったからである。そして他の1つには、期間dにおける供給電力250Wが、異常放電を引き起こすほどのチャージングを生じず、逆に600Wの電力供給を行った期間cの時間内に生じたチャージングを緩和できたからである。また期間dの時間が、2msecでも、充分であったからである。

【0045】本実施形態では、600Wの高周波電力を供給した期間cの時間を5msecに設定したが、この供給期間cの時間は異常放電が発生するまでの時間よりも短ければよく、本実施形態に限定されるものではない。この高周波電力を供給する期間cの時間は、第1実施形態

で述べた場合と同様に、圧力20mTorrの場合、最大3分程度、圧力10mTorrの場合、最大1分程度の設定が可能である。ただし、供給電力が高くなると、異常放電発生までに時間が短くなるので、この場合には、供給を行う期間cの時間を短くしなければならない。

【0046】さらに、本実施形態では、高周波電力を周期的に低下する期間dにおいて、電力を250W、時間を2msecに設定したが、これらはその数値に限定されるものではない。この高周波電力の供給を周期的に低下する期間dでは、通常の電力を供給する期間cの時間内に生じるチャージングが緩和されればよく、250Wよりも高く、2msecより短くても構わない。ただし期間dにおける電力は、高くなるとチャージング緩和に時間がかかってしまったり、また高くなり過ぎると、チャージング緩和どころか逆にチャージングし、異常放電が発生する。従って、実質的には放電維持できる最低の電力程度に設定するのが望ましい。また、本実施形態では、第1実施形態のように、電力供給を完全に停止しないので、供給電力を周期的に低下する期間dの時間は、電力供給を完全に停止する場合よりも長く設定することが望ましい。

【0047】ここで、通常の高周波電力を供給する期間cでの電力を高くしたり、この時間を長くすると、チャージングを緩和するために必要な供給電力を低下させる期間dの時間も長くなる。また前に述べたように、チャージングを緩和する期間dでは、電力によってチャージング緩和に要する時間も変わる。従って、これら通常の高周波電力を供給する期間cの時間と、供給電力を低下する期間dの電力および時間は調整が必要である。さらに、前に述べたように、装置やターゲット表面の状況およびプロセス条件によっては、異常放電が発生しやすく、数秒で発生してしまう場合がある。従って、通常の高周波電力を供給する期間cの時間は、実質的には本実施形態のようにmsecオーダー、長くても100msecオーダーに設定するのが望ましい。

【0048】上記実施形態では、 In_2O_3 に対し SnO_2 を10wt%添加した焼結体（密度95%）であって、直径8インチの円盤状ターゲットを用いた高周波マグネトロンスパッタリング法によるITO透明導電膜形成の例について述べたが、ターゲットの材質、形状、大きさ等については上記実施形態のものに限られるものではない。同じITO透明導電膜を形成するためのターゲットでも、 SnO_2 の添加量が異なるもの、または形状が矩形や楕円形のもの、焼結体ではなくプレスしただけのもの、密度が異なるもの等に対しても本発明によるITO透明導電膜の作製方法を適用できる。さらに、ターゲットと基板の位置関係についても本実施形態に限られるものではなく、例えば、ターゲットの前を移動しながら成膜を行うインライン成膜法でも本発明のITO透明導電膜の作製方法を適用できる。また、ターゲットの背

11

面に配置した単一または複数のマグネットを揺動させる、あるいは偏心回転させ、ターゲット全面をスパッタリングするようにした方式の成膜法においても、本発明のITO透明導電膜の作製方法を適用できる。

【0049】上記実施形態での高周波電力の周波数は、一般に用いられる13.56MHzであったが、当該周波数はこの値に限定されるものでなく、他の周波数の高周波においても本発明のITO透明導電膜の作製方法を適用できる。例えば40...68MHzの周波数でも従来の方法では異常放電が発生するが、本発明の方法を適用すれば、異常放電が防止され、安定したITO透明導電膜を作製できる。

【0050】上記実施形態では、Arガス、またはArガスにHeガスを添加したスパッタリングガスを用いた場合について述べたが、スパッタリングガスはこれに限らず、他の希ガスをを用いた場合でも、酸素や窒素等の反応性のガスを添加した場合でも本発明によるITO透明導電膜の作製方法を適用できる。

【0051】

【発明の効果】以上の説明で明かなように本発明によれば、高周波マグネトロンスパッタリング法を用いたITO透明導電膜の作製方法において、高周波電力の供給で、異常放電が発生する前に高周波電力の供給を停止し、供給時に生じたチャージングを緩和し、かつこれを周期的に繰り返すようにしたため、異常放電の発生のない安定な放電を発生できる。これにより再現性の良いITO透明導電膜を作製できる。

【0052】また、高周波電力供給で生じたチャージングを緩和する供給停止期間の時間をプラズマ寿命よりも短くしたため、放電開始圧力よりも低い圧力でも異常放

12

電のない安定な放電を維持できる。

【0053】さらに、スパッタリングガスにHeガスを添加したので、プラズマ寿命が長くなり、高周波電力の供給停止時間を短く設定できない場合でも、放電開始圧力よりも低い圧力にて、異常放電のない安定な放電を維持できる。

【0054】また高周波電力の供給を周期的に停止させる代わりに、高周波電力を周期的に低下させることによって、低下前に生じたチャージングを緩和するようにしても、異常放電の発生のない安定な放電を発生できる。また、放電が停止しないので、放電開始圧力よりも低い圧力でも異常放電のない安定な放電を維持できる。これによっても、再現性の良いITO透明導電膜を作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】高周波マグネトロンスパッタリング装置におけるカソードへの高周波電力供給系の構成図である。

【図2】従来の高周波マグネトロンスパッタリング法における高周波電源の出力電圧の波形図である。

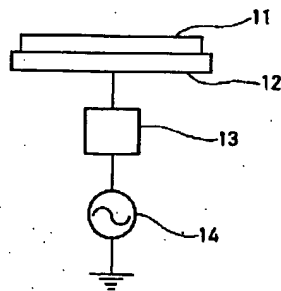
【図3】本発明の第1の実施形態に係るITO透明導電膜の作製方法における高周波電源の出力電圧の波形図である。

【図4】本発明の他の実施形態に係るITO透明導電膜の作製方法における高周波電源の出力電圧の波形図である。

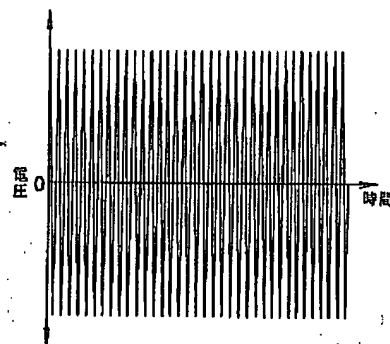
【符号の説明】

| | |
|----|------------|
| 11 | ターゲット |
| 12 | 裏板 |
| 13 | インピーダンス整合器 |
| 14 | 高周波電源 |

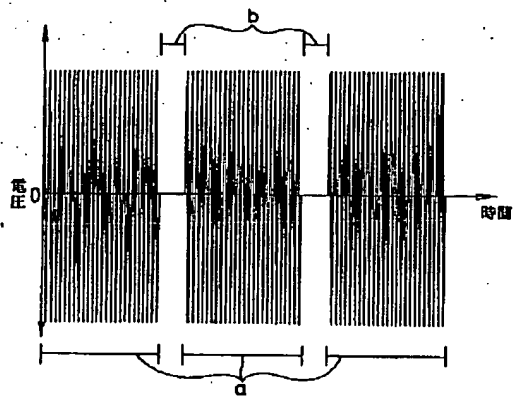
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

